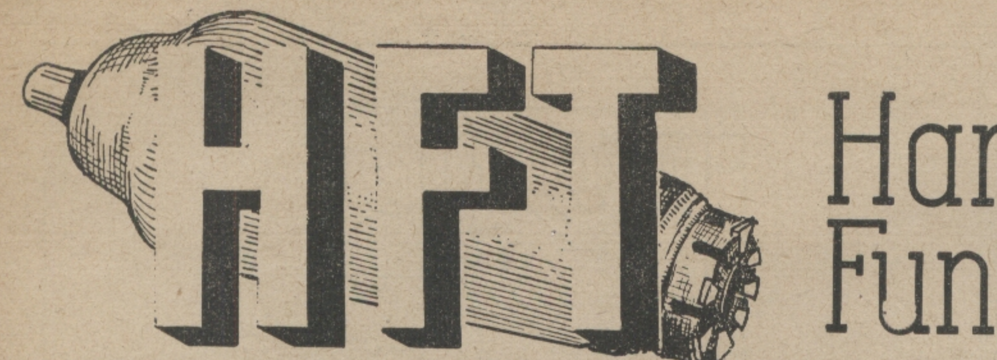


April 1947



Hamburger Funk-Technik

FÜR DEN FACHMANN UND DEN BASTLER

Herausgeber und Hauptschriftleiter: Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stiftstrasse 15 · H. H. Nölke Verlag, Hamburg 20, Hegestrasse 40 **Preis 0,80 RM.**

Bauanleitung Nr. 7

RC-Meßbrücke mit magischem Auge oder Kopfhörer als Indikator

bearbeitet von Ing H. Hamm

Sondereigenschaften:	
Prinzip	Wechselstrombrückenschaltung nach Wheatstone
Meßbereich	Ohmsche Widerstände - R - 7 Bereiche von 0,1 Ohm bis 10 MOhm
	Kapazitäten - C - 7 Bereiche von 10 pF bis 10 µF
Meßungenauigkeit	1—3%
Brückenfrequenz	von 50 Hz (Netz) (oder von außen) bis 10 kHz
Brückenspeisung	Aus Netzgerät oder von außen aus fremder NF-Stromquelle
Brückenspannung	Je nach geforderter Empfindlichkeit 6 V oder 24 V (umschaltbar)
Leistungsaufnahme	ca. 20 V A
Indikator	Magisches Auge oder Kopfhörer

Mit geringstem Materialaufwand läßt sich nach dieser Bauanleitung eine universell verwendbare Wechselstrommeßbrücke herstellen, die den Anforderungen der Praxis vollauf gerecht wird. Die hierzu benötigten Materialien sind zumindest für den einfachsten Fall, wobei nur ein hochohmiger Kopfhörer als Indikatorinstrument benutzt wird, noch in den Bastelkisten vorhanden.

Betrachten wir zunächst die grundsätzliche Wheatstonsche Brückenschaltung.

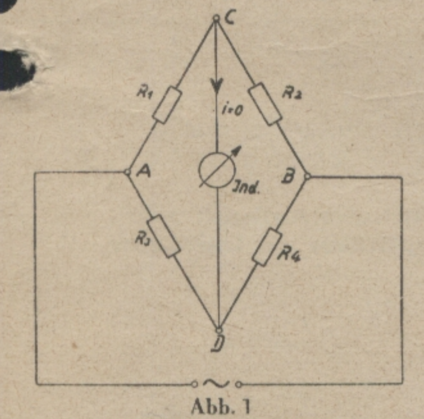


Abb. 1

Die Brücke befindet sich im Gleichgewicht, wenn der durch das Indikatorinstrument fließende Strom i gleich Null ist. Wendet man für diesen Fall die beiden Kirchhoffschen Gesetze an, so folgt daraus, daß für die einzelnen Brückenwiderstände folgendes Verhältnis bestehen muß:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \qquad (1)$$

Widerstandsmessung

Faßt man nun gemäß Abb. 2 die Widerstände R_1 und R_2 zu einem Widerstand zusammen und greift den Indikatorstrom mit einem Schleifkontakt ab, so hat man die Möglichkeit, durch Verschieben des Schleifers das Verhältnis der Widerstände $\frac{R_1}{R_2}$ zu verändern und so das Brückengleichgewicht herbeizuführen. Aus der Stellung des Schleifers ist dann das Verhältnis $\frac{R_1}{R_2}$ bekannt.

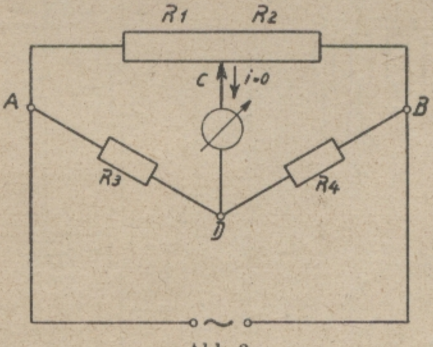


Abb. 2

Schaltet man nun den Widerstand R_4 als Widerstandsnormale in die Brücke ein, so ist dieser ebenfalls bekannt. Der Widerstand R_3 sei der zu messende, ist also unbekannt. — Da nun das Verhältnis $R_1 : R_2$ sowie R_4 bekannt ist, so erhält man nach Umformung der Formel (1) für den unbekannten Widerstand R_3 den folgenden Ausdruck:

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4 \qquad (2)$$

Diesen Ausdruck nutzt man zum praktischen Messen aus. Da der Normalwiderstand R_4 jeweils bekannt ist, braucht man nur noch innerhalb des Regelbereiches des Schleifkontaktes eine Skala anzubringen, die dann entsprechend der Schleiferstellung im Verhältnis $R_1 : R_2$ zu eichen ist. Wählt man jetzt den Normalwiderstand noch jeweils dekadisch, also zu 1 Ω, 10 Ω, 100 Ω usw., so läßt sich mit Leichtigkeit aus der Multiplikation des Verhältnisses $R_1 : R_2$ mit dem Normalwiderstand R_4 der unbekannte Widerstand R_3 ermitteln.

Kapazitätsmessung

Ersetzt man in der vorigen Schaltung den Normalwiderstand R_4 durch einen Normalkondensator von der Kapazität CN und den unbekannten Widerstand R_3 durch einen unbekannten Kondensator von der Kapazität CX, so erhält man die Brückenanordnung nach Abb. 3

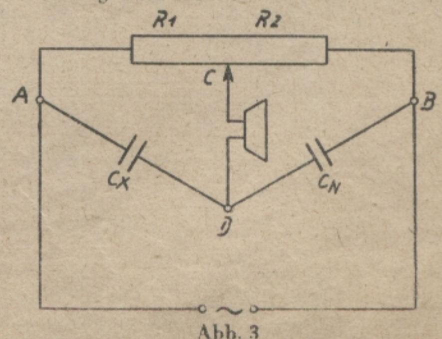


Abb. 3

Die Gültigkeit der Formel (2) bleibt auch für diese Anordnung bestehen, wenn man statt der Widerstandsgrößen von R_3 und R_4 den Wechselstromwiderstand von CN bzw. CX einsetzt.

Die Formel (2) lautet dann:

$$\frac{1}{\omega C_X} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{1}{\omega C_N}$$

und nach Umformung und Kürzung

$$C_X = \frac{R_1}{R_2} C_N \qquad (3)$$

Man sieht, daß sich bei der Kapazitätsmessung analog zu Formel (2) ein sinngemäß gleicher Formelausdruck ergibt. — Indem man hierbei die Normalkapazitäten zweckmäßig auch wieder dekadisch dimensioniert, lassen sich grundsätzlich Kapazitätsmessungen nach demselben einfachen Verfahren durchführen.

Bei der Messung von kleinen Kapazitäten (10—100 pF) spielen noch die durch den konstruktiven Aufbau bedingten Schaltkapazitäten eine Rolle, die je nach ihrer Größe das Meßergebnis mehr oder weniger stark beeinflussen. Sind die Schaltkapazitäten in den einzelnen Brückenzweigen verschieden groß, so gerät dadurch die Brücke etwas aus dem Gleichgewicht und es muß deshalb (wie aus einer noch folgenden Abhandlung hervorgeht) dafür gesorgt werden, daß die Störkapazitäten entsprechend ausgeglichen werden. — Bei der Messung von großen Kapazitätswerten spielen die Störkapazitäten dagegen keine Rolle und können daher unberücksichtigt bleiben.

Tabelle der Normalienwerte

Nr.	R_N	C_N
1	1 Ω	10 pF
2	10 Ω	100 pF
3	100 Ω	1000 pF
4	1 KΩ	10 000 pF
5	10 KΩ	0,1 μF
6	100 KΩ	1,0 μF
7	1 MΩ	10,0 μF

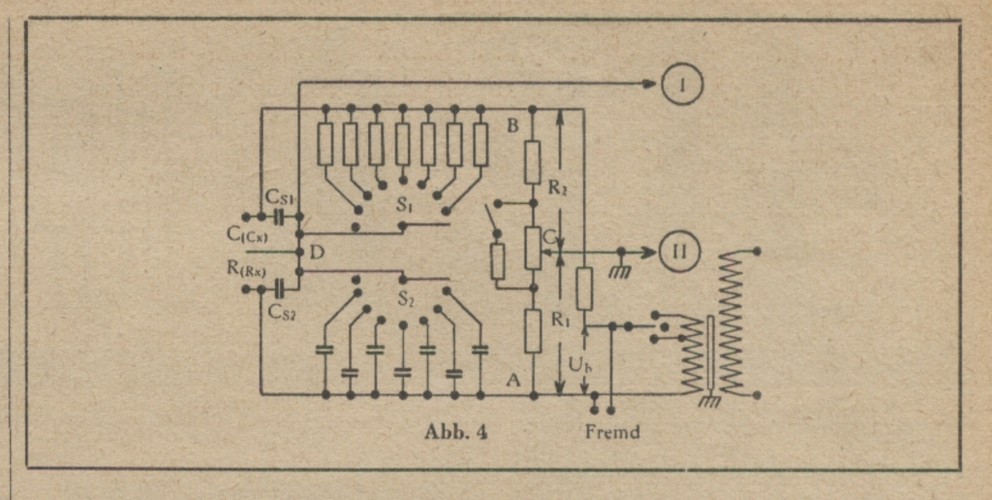


Abb. 4

Brückenschaltung

Nach Abb. 4 sind im oberen Brückenzweig die Widerstandsnormalien und im unteren Brückenzweig die Kapazitätsnormalien angeordnet. Auf der rechten Seite liegt ein Spannungsteiler, dem von beiden Anschlußseiten je ein Festwiderstand zur Begrenzung des Brückenverhältnisses vorgeschaltet ist. Je einer dieser Vorschaltwiderstände plus dem ihm zugekehrten, bis zum Schleifer reichenden Widerstandsstück des Spannungsteilers stellen die Widerstände R_1 bzw. R_2 dar. Der Anschluß des unbekannten (zu messenden) Widerstandes erfolgt bei R (RX), während für den Fall einer zu messenden Kapazität diese bei C (CX) anzuschließen ist. An den Punkten A und B erfolgt die Speisung der Brücke entweder mit einer 50-Hz-Spannung (6 oder 24 V) aus dem Netztrafo des Gerätes oder mit einer über die beiden Steckbuchsen zugeführten Spannung höherer Frequenz.

1. Ausführungsmöglichkeit mit einem Kopfhörer als Indikator

Die von beiden Seiten dem Spannungsteiler vorgeschalteten Widerstände müssen so bemessen sein, daß bei einem dekadischen Meßbereich- und Ableseskalenaufbau ein Brückenverhältnis von $\frac{R_1}{R_2} = 0{,}1$ in der unteren Schleiferstellung und $\frac{R_1}{R_2} = 10$ in der oberen Schleiferstellung eingestellt werden kann. Um genauere Messungen durchführen zu können, läßt sich das Brückenverhältnis durch Einschaltung eines Parallelwiderstandes zum Spannungsteiler weiter herabsetzen. Bei Ausführung der Normalien, wie angegeben, muß dieser Parallelwiderstand so bemessen sein, daß man in dem dadurch entstehenden kleineren Brückenverhältnis noch den Anschluß an den darunter- oder darüberliegenden Meßbereich bekommt. In unserem Falle muß das Brückenverhältnis $\frac{R_1}{R_2}$ in unterer Schleiferstellung 0,5 und in oberer Schleiferstellung 2,0 betragen. Zur Vermeidung von Überlastungen der Meßbrücke (bei Kurzschluß) ist in die Brückenspeiseleitung ein Schutzwiderstand eingeschaltet, der den Brückenstrom auf einen Maximalwert begrenzt. In der Meßdiagonale (zwischen C und D) ist als Indikator ein hochohmiger Kopfhörer eingeschaltet, mit dem bei der Messung jeweils auf das Tonminimum durch Verstellen des Schleifkontaktes abgeglichen wird.

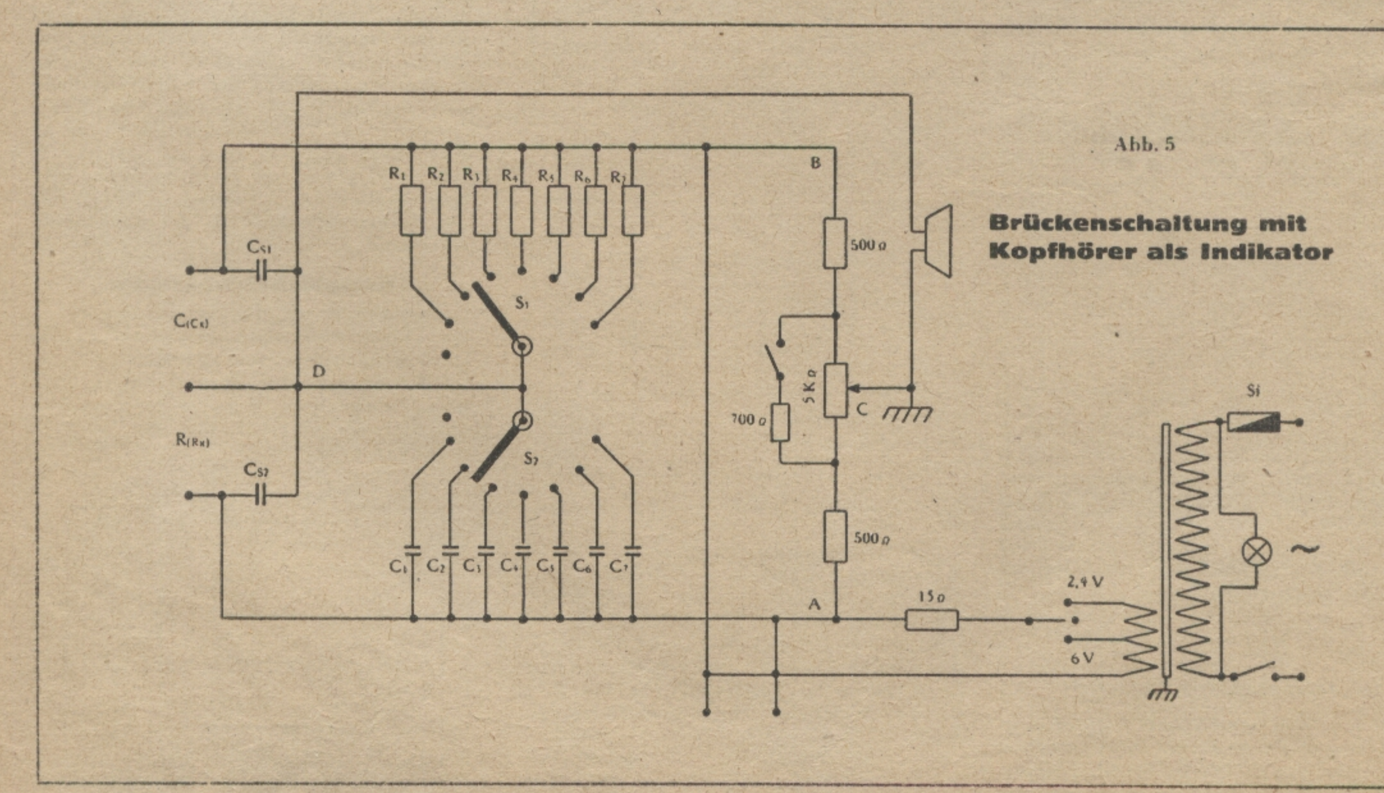
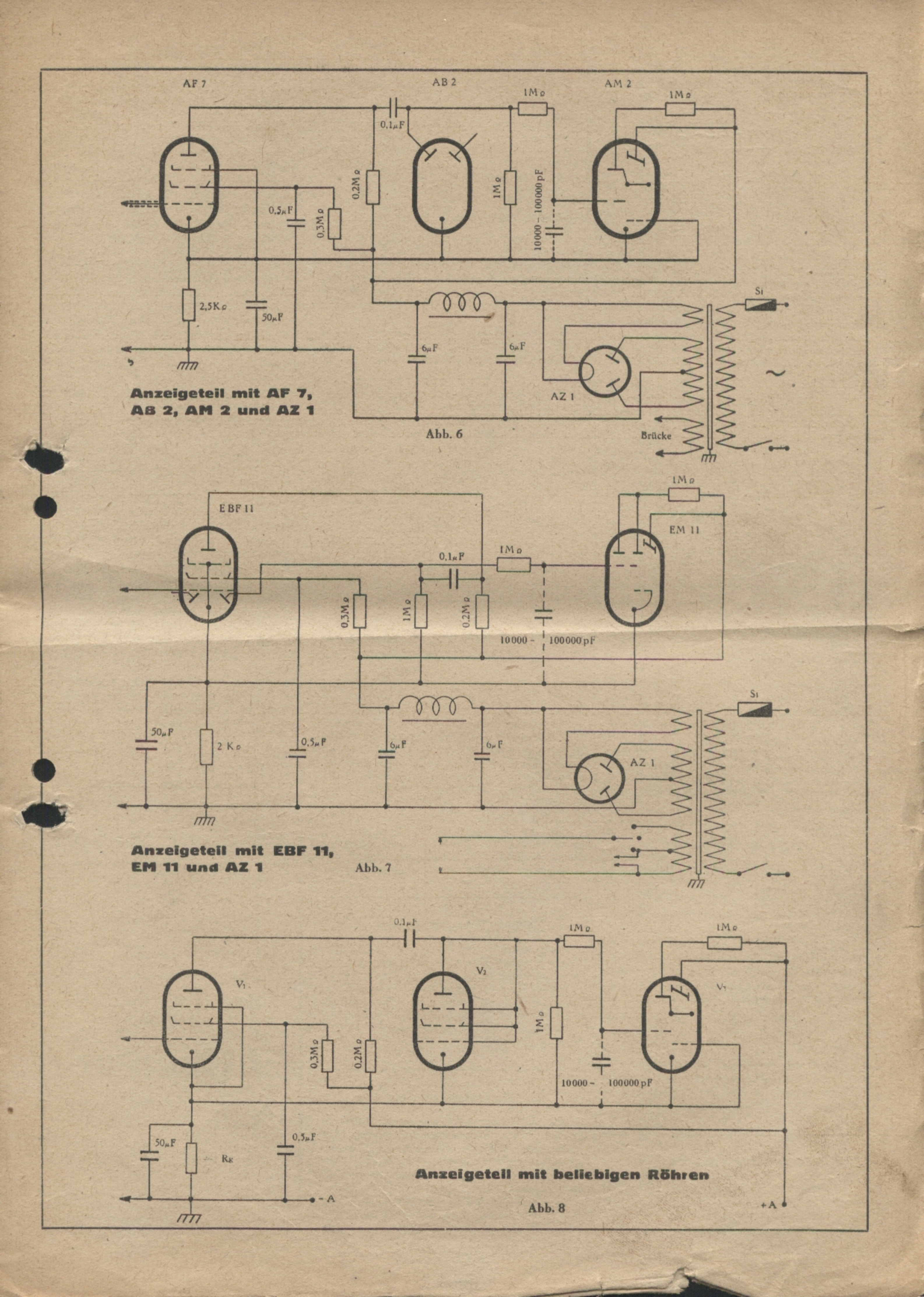


Abb. 5

Brückenschaltung mit Kopfhörer als Indikator



Anzeigeteil mit AF 7, AB 2, AM 2 und AZ 1

Abb. 6

Anzeigeteil mit EBF 11, EM 11 und AZ 1

Abb. 7

Anzeigeteil mit beliebigen Röhren

Abb. 8

2. Ausführungsmöglichkeit mit Abstimmröhre (mag. Auge) als Indikator

In den Abb. 6 bis 8 sind drei Schaltungsausführungen bei Verwendung einer Abstimm-Anzeigeröhre (mag. Auge) als Indikator angegeben. Bei diesen Schaltungen wird zunächst immer die an den Brückenpunkten C und D (Meßdiagonale der Brükken) abgenommene Meßspannung in einer Penthode verstärkt. Nach Verstärkung erfolgt dann die Gleichrichtung der Indikatorspannung mittels einer Diode. Hierfür kann auch nach Abb. 8 eine Penthode verwendet werden, wenn sämtliche Gitter mit der Anode verbunden werden. Die am Arbeitswiderstand der Diode entstehende Indikator-Gleichspannung wird dann dem Gitter einer Anzeigeröhre zugeführt.

In Abb. 6 ist ein Schaltungsbeispiel mit den Wechselstromröhren AF 7, AB 2, AM 2 und AZ 1 wiedergegeben.

An den mit I und II bezeichneten Punkten schließt man den Verstärkereingang an die Meßdiagonale der Brücke an. Die Penthode AF 7 arbeitet normal als Widerstandsverstärker bei einem Kathodenwiderstand von 2,5 KΩ und einem Anodenwiderstand von 0,2 MΩ. Um eine möglichst große Verstärkung zu erhalten, ist die Einschaltung der sehr hoch angegebenen Schirmgitter- und Kathodenkondensatoren erforderlich. Zur ungeschwächten Übertragung der verstärkten Indikator-Wechselspannung muß der Ankopplungskondensator zur Diode groß ausgeführt werden (0,1 μF). Von dem Arbeitswiderstand der Diode wird dem Anzeigegitter der AM 2 dann die gleichgerichtete Indikatorspannung über einen Widerstand von 0,5—1 MΩ zugeführt. Die so dem Anzeigegitter zugeführte gleichgerichtete Spannung ist nun noch mit einer relativ hohen Welligkeit behaftet, die je nach den vorliegenden Verhältnissen mit einem Kondensator von 1000 pF bis 0,1 μF geglättet werden kann.

Der Netzteil ist mit der Zweipolgleichrichterröhre AZ 1 ausgeführt. Die Siebung mit einer Netzdrossel sowie je 6 μF als Lade- und Siebkondensator ist ausreichend. In Abb. 7 ist als zweites Schaltungsbeispiel eine Schaltung mit der Verbundröhre EBF 11 und der Abstimmanzeigeröhre EM 11 wiedergegeben.

Abb. 8 zeigt schließlich die grundsätzliche Schaltung, bei der, da sämtliche Gitter mit der Anode verbunden sind, eine normale Penthode als Diodengleichrichter benutzt wird.

Für alle drei Schaltungsausführungen gilt für die Bemessung der Schaltteile das gleiche wie unter Abb. 6 ausgeführt wurde.

Aufbau, Abgleich und Eichung

Über den Aufbau der Meßbrücke ist noch zu sagen, daß die Verschaltung der zum Anzeigeteil gehörigen Röhren nicht besonders kritisch ist, lediglich muß besonders auf eine kurze und abgeschirmte Verlegung der Gitterzuleitung geachtet werden.

Die Anordnung der einzelnen Schaltelemente nimmt man am zweckmäßigsten nach der folgenden Abbildung vor·

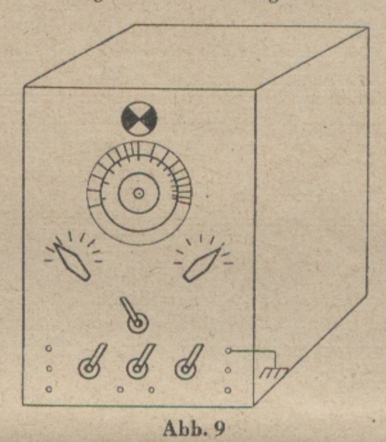


Abb. 9

Nach Abb. 9 sind an der linken Seite die Klemmen für den Prüfling und an der rechten Seite die für die fremde Meßspannung, darüber die Erdungsklemme angebracht. Auf halber Höhe sind die Stufenschalter für die R- und C-Normalien S_1 und S_2 vorgesehen, in der Mitte der oberen Hälfte ist der Drehspannungsteiler zur Brückenabstimmung und darüber das magische Auge angeordnet. Je nach Ausführung werden auf der unteren Hälfte, sinnvoll verteilt, die übrigen Schalter angeordnet.

Nachdem der mechanische Aufbau fertiggestellt ist, wird zunächst der Anzeigeteil fertig geschaltet. Bevor man nun die Widerstands- und Kapazitätsnormalien einbaut, müssen zunächst die mit R_1 und R_2 in Reihe geschalteten Widerstände abgeglichen werden. Hierzu werden außen zwei genau gleich große Widerstände für RN und RX angeschaltet und die Serienwiderstände von R_1 und R_2 so lange um geringe Beträge verändert, bis das Minimum in der Abstimm-Anzeigeröhre sowohl bei offenem und auch bei geschlossenem Schalter S an derselben Schleiferstellung liegt. Hiernach werden die einzubauenden Normalwiderstände und Normalkapazitäten auf die Werte in vorher gebrachter Tabelle abgeglichen und eingebaut. Zur Eichung der Drehspannungsteilerstellung im Verhältnis $R_1 : R_2$ stellt man mit einer Anzahl genau bekannter Widerstände die Brückenverhältnisse von 0,1 bis 10 bzw. für die 2. Skala für genauere Messungen von 0,5 bis 2,0 ein und markiert am Drehspannungsteiler die erhaltenen Eichpunkte.

Bei der Messung kleinerer Kapazitäten machen sich im steigenden Maße die S[illegible] und Schaltkapazitäten bemerkbar, so [illegible] eine genaue Messung kleiner Kapazitätswerte u. U. nicht mehr möglich ist. Zweck Erreichung einwandfreier Meßergebni[illegible] müssen diese Störkapazitäten durch entsprechend geschaltete Zusatzkapazitäten ausgeglichen werden.

Wie in Abb. 4 und 5 gezeigt, besitzen beide Klemmen der Stromquelle eine Kapazität gegen Erde (C_{S1} und C_{S2}), die meist von verschiedener Größe sind, so daß eine Unsymmetrie der Brücke entsteht. Die Störkapazitäten liegen nun in der Brückenschaltung parallel zu der zu messenden Kapazität gegen Erde. — Wird nun die kleinere der beiden Störkapazitäten auf den Wert der größeren gebracht, so ist die Brücke wieder symmetrisch und liefert die richtigen Meßergebnisse.

Literaturhinweise:

1. W. Skirl, Elektrische Messungen.
2. H. Lennartz, Praktische Meßgeräte.

HFT-Briefkasten

Der von uns eingerichtete Briefkastendienst gibt allen Lesern Gelegenheit, auf allgemein interessierende Fragen der Funktechnik sowie der allgemeinen Elektrotechnik einzugehen.

Jeder Anfrage an den Briefkastendienst ist ein Unkostenbeitrag von RM 1,50 und Rückporto beizufügen. Briefe, die ohne Gebühr und Rückporto hier eingehen, können nicht beantwortet werden.

Die Anfragen bitten wir kurz und klar abzufassen und evtl. Prinzipschaltungen beizufügen.

Außerhalb des Briefkastendienstes werden auch Schaltungsentwürfe und spezielle Entwicklungen, z. B. mit kommerziellen Röhren und dgl. vorgenommen.

Literaturauskunft

Gegen einen Unkostenbeitrag von RM 0,75 und Rückporto geben wir über einzelne besonders interessierende Themen aus der Rundfunktechnik sowie der allgemeinen Elektrotechnik Literaturauskunft. Bezugsquellen für Rundfunkmaterial und Fachbücher können nicht genannt werden.

Berechnungsdienst

Nach Angabe von speziellen technischen Daten werden Einzelberechnungen nach vorherigem Kostenanschlag ausgeführt.

Anregungen aus dem Leserkreis bzw. zur Veröffentlichung geeignete Manuskripte werden jederzeit gern entgegengenommen.

Anfragen sind zu richten an die Schriftleitung der „HFT".

Entwicklungen

Das HFT-Labor führt spezielle Entwicklungen von Empfängerschaltungen, Geräten und Einzelteilen nach Angabe des jeweils vorhandenen Materials durch.

Besondere Wünsche können berücksichtigt werden.

Zuschriften sind an das HFT-Labor Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stiftstr. 15, zu richten

Um das weitere pünktliche Erscheinen der »HFT« zu sichern, werden alle unsere Leser gebeten, jede, auch die kleinste Menge an

Altpapier

dem Verlag zugänglich zu machen.

Der Verlag

Von der Mil.-Reg. geneh[illegible] vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Verlages. Wihag EP 56 I Hbg. 0431047 C 4/8377 5000